

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. August 2002 (29.08.2002)

PCT

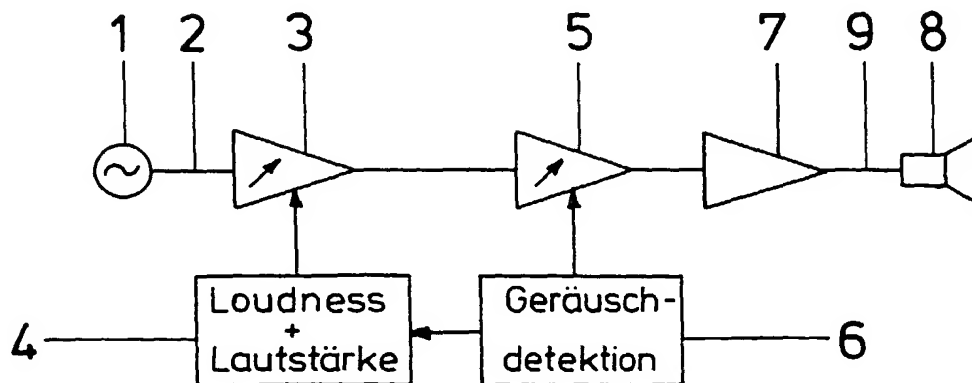
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/067418 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H03G**
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/01591
- (22) Internationales Anmeldedatum:
14. Februar 2002 (14.02.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
101 07 385.2 16. Februar 2001 (16.02.2001) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **HARMAN/BECKER AUTOMOTIVE SYSTEMS
GMBH** [DE/DE]; Schlesische Strasse 135, 94315 Straub-
ing (DE).
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **CHRISTOPH,
Markus** [DE/DE]; Danziger Strasse 46, 94315 Straubing
(DE).
- (74) Anwalt: **SCHMUCKERMAIER, Bernhard**; Westphal,
Mussnug & Partner, Mozartstrasse 8, 80336 Muenchen
(DE).
- (81) Bestimmungsstaat (national): US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).
- Veröffentlicht:
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR THE NOISE-DEPENDENT ADJUSTMENT OF SOUND VOLUMES

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUM GERÄUSCHABHÄNGIGEN EINSTELLEN DER LAUTSTÄRKEN



4 LOUDNESS + SOUND VOLUME

6 NOISE DETECTION

(57) Abstract: The invention relates to a device for the noise-dependent adjustment of the sound volume of a loudspeaker (8) fed with an electrical useful signal (2, 9) from a signal source (1) on a location of listening that is filled by noise (17). The inventive device comprises two sound volume adjusters (3, 5) that are connected in series and between the signal source (1) and the loudspeaker (8). One (3) of said adjusters can be manually controlled and the other (5) is controlled by a control signal (18). A noise detector (6) determines the noise level (17) and generates the control signal (18) for the other sound volume adjuster (5) in accordance with the noise level (17).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/067418 A2



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke eines aus einer signalquelle (1) mit einem elektrischen Nutz-signal (2, 9) gespeisten Lautsprechers (8) an einem mit Geräusch (17) erfüllten Abhörort mit zwei in Reihe zueinander sowie zwischen Signalquelle (1) und Lautsprecher (8) geschalteten Lautstärkestellern (3, 5), von denen der eine (3) manuell steuerbar ist und der andere (5) durch ein Steuersignal (18) steuerbar ist und einem Geräuschdetektor (6) zum Ermitteln des Pegels des Geräusches (17) und Erzeugen des Steuersignals (18) für den anderen Lautstärkesteller (5) entsprechend dem Pegel des Geräusches (17).

Beschreibung

Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärken

- 5 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke eines aus einer Signalquelle mit einem elektrischen Nutzsignal gespeisten Lautsprechers an einem mit Geräusch erfüllten Abhörort.
- 10 Wenn Musik oder Sprache über eine elektroakustische Anlage in einer geräuscherfüllten Umgebung dargeboten wird, ist in der Regel der Hörgenuss durch das Hintergrundgeräusch getrübt. Ein lärmgefüllter Raum, an dem häufig Musik und Sprache abgehört wird, ist beispielsweise der Innenraum eines Kraftfahr-
- 15 zeuges. Das Hintergrundgeräusch kann dabei vom Motor, von den Reifen, vom Gebläse und anderen Aggregaten in den Kraftfahrzeug herrühren und daher von der Geschwindigkeit, den Straßenbedingungen und den Betriebszuständen im Kraftfahrzeug abhängen.
- 20 Dieser zeitlich sich ändernden Geräuschkulisse wird ein Kraftfahrzeuginsasse beispielsweise dadurch begegnet, dass er in Form von Musik und Sprache dargebotene Nutzsignale entsprechend durch Drehen am Lautstärkeregler anpasst. Jedoch
- 25 ist durch eine einfache Lautstärkeerhöhung das Problem nicht zu lösen, weil dann ein Verlust bei der Wahrnehmung der Bässe auftritt. Durch das unerwünschte Hintergrundgeräusch im Fahrzeug werden erwünschte Nutzsignale überdeckt, was zu einer Veränderung des wahrgenommen Klanges führt.
- 30 Aus der US 5,034,984 ist eine Anordnung bekannt, bei der zwischen Signalquelle und Lautsprecher zwei Lautstärkesteller geschaltet sind, von denen der eine manuell und der andere durch ein bestimmtes Steuersignal steuerbar ist. Dieses Steuersignal wird aus der Fahrzeuggeschwindigkeit abgeleitet. Da-
- 35 bei wird von der Annahme ausgegangen, dass die Geschwindig-

keit in etwa den Geräuschpegel im Fahrzeug repräsentiert. Allerdings ist die Geschwindigkeit nur ein sehr ungenauer Repräsentant des Geräusches, denn bei gleicher Geschwindigkeit ist die Geräuschkulisse beispielsweise auf Asphalt, Kopfsteinpflaster, Schotter sehr unterschiedlich.

Daher wird beispielsweise in der US 4,944,018 in anderem Zusammenhang vorgeschlagen, zusätzlich andere Geräusche repräsentierende Signale des Fahrzeuges wie beispielsweise die Motordrehzahl oder den Betriebszustand eines Gebläses zu erfassen. Aber auch diese Faktoren geben nur in verhältnismäßig geringem Umfang Aufschluss über die tatsächliche Geräuschkulisse im Fahrzeug. Insbesondere werden dabei äußere Faktoren wie der bereits genannte Fahrbahnbelag nicht berücksichtigt, obwohl dieser einen maßgeblichen Anteil auf die Fahrzeuginnengeräusche hat.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Anordnung der eingangs genannten Art anzugeben, die eine verbesserte Anpassung der Lautstärke an die tatsächliche Geräuschkulisse bietet.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Anordnung gemäß Patentanspruch 1. Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Erfindungsgedankens sind Gegenstand von Unteransprüchen.

Im einzelnen weist die erfindungsgemäße Vorrichtung zwei in Reihe zueinander sowie zwischen Signalquelle und Lautsprecher geschaltete Lautstärkesteller auf, von denen der eine (direkt oder indirekt) manuell steuerbar ist und der andere durch ein Steuersignal (automatisch) steuerbar ist. Weiterhin ist ein Geräuschdetektor zum Ermitteln des Pegels des Geräusches und zum Erzeugen eines Steuersignals für den anderen Lautstärkesteller entsprechend dem Geräuschpegel vorgesehen.

Auf diese Weise lässt sich auf einfache Weise der gewünschte Pegel bei einer bestimmten Geräuschsituation von Hand einstellen, der dann bei sich ändernder Geräuschsituation auto-

5 matisch entsprechend angepasst wird. Die Trennung zwischen manueller und automatischer Lautstärkeeinstellung hat darüber hinaus den Vorteil, dass eine üblicherweise vorgesehene gehörrichtige Anpassung des Klanges bei niedrigen Lautstärken einfach und wirkungsvoll vorgenommen werden kann.

10 Obwohl der exakte Verlauf des Geräuschsignals über der Frequenz nicht vorhergesagt werden kann, ergibt sich doch in der Regel ein Verlauf der dem von Rosarauschen entspricht. Je nachdem, ob ein oder mehrere Fenster des Fahrzeuges offen oder geschlossen sind, ob die Lüftung im Fahrzeug angeschaltet ist, auf welcher Stufe die Lüftung betrieben wird und in welche Richtung das Gebläse momentan wirkt, ergeben sich selbstverständlich Verschiebungen des Rauschspektrums, jedoch
15 bleibt der prinzipielle Verlauf, der dem von Rosarauschen entspricht, erhalten. Rosarauschen bedeutet, dass die Hauptenergie des Spektrums im tieffrequenten Spektralbereich angesiedelt ist und hin zu hohen Frequenzen abnimmt.

20 Da fahrzeugtypische Geräusche einen sehr hohen Energieanteil im niederfrequenten Spektralbereich aufweisen, kommt es dort auch zu stärkeren spektralen Verdeckungen als in den restlichen Spektralbereichen. Durch geeignete gehörrichtige Anpassung der Übertragungsfunktion, insbesondere durch das Anheben bei tiefen Tönen, können diese Verdeckungseffekte weitgehend kompensiert werden. Die erfindungsgemäße Verwendung von zwei
25 getrennten Lautstärkestellern hat dabei den vorteilhaften Effekt, dass mit dem einen Lautstärkeregler die vom Bediener gewünschte Lautstärke eingestellt wird, wobei gleichzeitig auch die entsprechende gehörrichtige Anpassung (entsprechen einer Loudnesskurve) mit eingestellt wird. Der zweite Lautstärkeregler wird ausschließlich abhängig vom Geräuschpegel dynamisch gesteuert. Als Ergebnis wird dabei in sehr guter Näherung eine Anpassung an die Eigenschaften des menschlichen Ge-
30 hörs erreicht.
35

Die Wirkung ist dabei wie folgt: stellt ein Bediener eine gewisse Lautstärke im Fahrzeug ein, so erfolgt auch eine gehör-
richtige Anpassung gemäß einer korrespondierenden Loud-
nesskurve. Je niedriger nun die Lautstärke vom Bediener ge-
wählt wird, umso mehr wird der Bassbereich angehoben. Je hö-
her umgekehrt die Lautstärke vom Bediener gewählt wird, umso
weniger wird der Bass angehoben. Wird nun beispielsweise eine
relativ geringe Lautstärke vom Bediener gewählt, so wird eine
relativ große Bassanhebung erzeugt. Steigt nun der Geräusch-
pegel im Fahrzeug bedingt durch etwa einen Fahrbahnbelags-
wechsel, durch Öffnen eines Fensters, durch Einschalten der
Lüftung, Erhöhung der Geschwindigkeit, Ausfahren der einzel-
nen Gänge usw. an, so wird die Lautstärke mit Hilfe des zwei-
ten Lautstärkestellers, der dabei vor oder nach dem ersten
Lautstärkestellers angebracht sein kann, erhöht.

Dabei bleibt aber die durch den manuellen Lautstärkesteller
festgelegte Loudnesskurve unverändert beibehalten, so dass es
insgesamt bei einer Geräuschpegelzunahme zu einer gegenüber
der Loudnesskurve ohne Geräuscheinwirkung verstärkten Anhe-
bung der Bässe kommt. Da aber -wie bereits oben erläutert-
eine Geräuschpegelzunahme in Kraftfahrzeugen üblicherweise
einer stärkeren Verdeckung der tieffrequenten Frequenzanteile
gleichkommt (Rosa Rauschen), müssen gerade diese Frequenzan-
teile verstärkt bzw. angehoben werden. Damit wird erreicht,
dass der Bediener unabhängig davon, welche Geräuschsituation
auftritt, immer denselben Klangeindruck vor allem im Bassbe-
reich erlebt.

Eine übliche Loudnesskurve hat eine Grenzfrequenz bei ca. 50
Hertz, was jedoch bei einer typischen Geräuscheinwirkung im
Fahrzeug als zu niedrig anzusehen ist. Daher wird bevorzugt
die vorhandene Loudnesskurvenschar in Abhängigkeit des vor-
herrschenden Rauschpegels korrigiert. Dabei kann die Korrektur
in Abhängigkeit des momentan vorherrschenden Geräuschpe-
gels beispielsweise durch Abändern der Filtergüte, der Fil-

tergrenzfrequenz oder aber auch durch Zuschalten eines oder mehrerer Filter geschehen.

Die Erfindung weiterbildend ist also der manuell steuerbare
5 Lautstärksteller mit einer Einrichtung zum gehörrichtigen
Anpassen der Übertragungsfunktion zwischen Signalquelle und
Lautsprecher an die eingestellte Lautstärke gekoppelt
und/oder eine Einrichtung zum gehörrichtigen Anpassen der Ü-
bertragungsfunktion zwischen Signalquelle und Lautsprecher
10 geschaltet, wobei die Einrichtung zum gehörrichtigen Anpassen
durch mindestens ein (weiteres) Steuersignal des Geräuschde-
tektors gesteuert wird.

Die Einrichtung zum gehörrichtigen Anpassen der Übertragungs-
15 funktion kann dabei mindestens zwei Filter (z. B. Bandpässe)
mit unterschiedlichen Grenz- bzw. Mittenfrequenzen aufweisen,
die durch (jeweils) ein Steuersignal des Geräuschdetektors
gesteuert werden. Die beiden Bandpässe können dabei entweder
durch ein einziges gemeinsames Signal gesteuert werden oder
20 aber durch zwei unterschiedliche vom Geräuschdetektor bereit-
gestellte Signale. Bei letzteren kann der Geräuschdetektor
das Geräusch in mindestens zwei unterschiedlichen spektralen
Bereichen auswerten und dann dementsprechende Steuersignale
erzeugen. Auf diese Weise kann noch genauer auf spektrale Be-
25 sonderheiten des Geräusches im Fahrzeuginnenraum eingegangen
werden.

Eine erfindungsgemäße Möglichkeit den Geräuschpegel zu detek-
tieren besteht darin, mit dem Lautsprecher nur akustische
30 Nutzsingnale mit Frequenzen oberhalb einer bestimmten Grenz-
frequenz abzustrahlen und mit dem Geräuschdetektor nur Geräu-
sche unterhalb dieser bestimmten Grenzfrequenz auszuwerten.
Die bestimmte Grenzfrequenz wird vorzugsweise so festgelegt,
dass sie am Ende des unteren menschlichen Hörbereichs ange-
35 siedelt ist, damit keine Beschneidung des Hörspektrums bei
tiefen Tönen erfolgt. Eine Beschneidung der (nicht hörbaren)

Tiefstbässe ist im Hinblick auf den Zuhörer sowie auf Lautsprecher und Endstufe andererseits von Vorteil.

5 Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass der Geräuschdetektor Geräusche an mindestens einem Ort, an dem kein oder nur ein geringes akustisches Nutzsignal auftritt und an dem das Geräusch in einer festen Beziehung zum Geräusch am Abhörort steht, ausgewertet. So können beispielsweise Mikrofone eines Geräuschdetektors im Motorraum und/oder in den Radkästen
10 und/oder im Kofferraum und/oder im Zuluftkanal angebracht werden, um beispielsweise Motorengeräusche, Fahrbahngeräusche, Windgeräusche der Karosserie und Lüftergeräusche abzubilden, wobei an den jeweiligen Orten das Nutzsignal nicht oder bzw. in so geringem Umfang auftritt, dass es vernachlässigbar ist.
15

Die Geräuschsituation an den jeweiligen Orten steht in einer festen Beziehung zum Geräusch im Fahrzeuginnenraum, so dass aus den Geräuschpegeln an den einzelnen Orten in sehr guter
20 Näherung auf die Geräuschsituation im Fahrzeuginnenraum geschlossen werden kann.

Eine bevorzugte Alternative dazu besteht darin, dass der Geräuschdetektor ein sich aus akustischem Nutzsignal und Geräusch zusammensetzendes Abhörsignal am Abhörort und das von der Signalquelle direkt oder indirekt bereitgestellte elektrische Nutzsignal auswertet, wobei mittels des elektrischen Nutzsignals der Geräuschsignalanteil im Abhörsignal ermittelt und zur Erzeugung des Steuersignals für den anderen Lautstärkестeller bereitgestellt wird. Es wird folglich die Geräuschsituation am Abhörort direkt erfasst und dabei das akustische Nutzsignal und/oder das Geräusch aus dem Gesamtsignal bei der Auswertung extrahiert, so dass diese zur Erzeugung des Steuersignals herangezogen werden können.
30

35

Bevorzugt umfasst der Geräuschdetektor dabei einen Schallaufnehmer zur Erzeugung eines elektrischen Abhörsignals aus dem

akustischen Nutzsignal und aus dem diesen überlagerten Geräusch am Abhörort, einen dem Schallaufnehmer nachgeschalteten Extrahierer zum Extrahieren des im Abhörsignal enthaltenen Geräuschanteils und eine dem Extrahierer nachgeschaltete

5 Steuereinrichtung, die den Geräuschanteil des Abhörsignals und mindestens ein aus dem Abhörsignal abgeleitetes Signal erhält und die aus beidem das Steuersignal für den anderen Lautstärksteller erzeugt.

10 Dabei kann ein aus dem Abhörsignal abgeleitetes Signal entweder dem Nutzsignalanteil des Abhörsignals oder aber der Summe aus Nutzsignalanteil und Geräuschsignalanteil des Abhörsignals entsprechen.

15 Das aus dem Abhörsignal abgeleitete Signal wird vorteilhafterweise durch den Extrahierer bereitgestellt, um eine höhere Genauigkeit zu erzielen.

Bevorzugte Ausgestaltungen eines Extrahierers weisen mindestens ein adaptives Filter auf. Dabei kann der Extrahierer mit

20 der Signalquelle verbunden sein und von dieser das elektrische Nutzsignal erhalten. Alternativ kann der Extrahierer aber auch mit dem Eingang des Lautsprechers (oder beispielsweise eines ihm vorgeschalteten Verstärkers) verbunden sein

25 und von dort das elektrische Nutzsignal erhalten.

Bei einer Weiterbildung der Erfindung umfasst das adaptive Filter eine Filtereinheit mit Verzögerungselementen und einem mit den Verzögerungselementen gekoppelten Koeffizientennetzwerk, die aus dem ihr zugeführten Abhörsignal durch Filterung

30 ein Ausgangssignal erzeugt. Außerdem ist eine Steuereinheit zur Steuerung des Koeffizientennetzwerkes vorgesehen derart, dass das Ausgangssignal gegenüber einem Referenzsignal optimiert wird, wobei als Verzögerungselemente bevorzugt Filterelemente mit einstellbaren Phasenwinkeln vorgesehen sind und

35 die Phasenwinkel eine verzerrte Frequenzauflösung ergebend eingestellt sind. Dabei wird das Ausgangssignal des adaptiven

Filters zur Erzeugung des Steuersignals für den anderen Laut-
stärkesteller herangezogen. Vorteil dabei ist, dass Filter
mit verzerrter Frequenzauflösung bei vergleichbarer Genauig-
keit einen deutlich geringeren Aufwand erfordern als herkömm-
5 lich aufgebaute Filter.

Als Referenzsignal ist dabei das elektrische Nutzsignal vor-
gesehen, dass entweder dem Ausgangskreis der Signalquelle
bzw. dem Eingangskreis des Lautsprechers entnommen wird.

10

Als Filterelemente mit einstellbaren Phasenwinkeln werden be-
vorzugt Allpässe vorgesehen. Die Optimierung des Ausgangssig-
nals bei dem adaptiven Filter und insbesondere bei dem adap-
tiven Filter mit verzerrter Frequenzauflösung erfolgt mittels
15 der Methode der kleinsten mittleren Fehlerquadrate (oder der
Methode der verzögerten kleinsten mittleren Fehlerquadrate).

Die Einrichtung zum gehörrichtigen Anpassen der Übertragungs-
funktion umfasst insbesondere eine Loudness-Filteranordnung
20 zur Anhebung des tieferen Hörfrequenzbereiches gegenüber dem
mittleren Hörfrequenzbereich auf. Die Loudness-Filteranord-
nung umfasst dabei beispielsweise mindestens ein Tiefpassfil-
ter und/oder ein Bandpassfilter, das im Bereich von bei-
spielsweise 200 Hertz angesiedelt ist und die Anhebung des
25 tieferen Hörfrequenzbereiches bewirkt.

Die Anpassung der Loudness-Filteranordnung entsprechend der
eingestellten Lautstärke und/oder vom auftretenden Geräusch
kann durch Verändern der Filtergüte mindestens eines Filters
30 (Bandpass, Tiefpass) der Loudness-Filteranordnung erfolgen.
Zusätzlich oder alternativ kann auch die Filtergrenzfrequenz
mindestens eines Filters (Tiefpass, Bandpass) der Loudness-
Filteranordnung (außer in Abhängigkeit vom eingestellten
Lautstärkepegel auch) geräuschpegelabhängig angepasst werden.
35 Weiterhin kann zum gehörrichtigen Anpassen der Übertragungs-
funktion die Loudness-Filteranordnung mindestens ein weiteres
Filter zur Anhebung des tieferen Hörfrequenzbereiches gegen-

über dem mittleren Hörfrequenzbereich aufweisen, wobei zum gehörrichtigen Anpassen der Übertragungsfunktion die einzelnen Filter (außer in Abhängigkeit vom eingestellten Lautstärkepegel auch) geräuschpegelabhängig zu- oder abgeschaltet werden.

Bei einer Weiterbildung der Erfindung umfasst die Einrichtung zum gehörrichtigen Anpassen der Übertragungsfunktion eine durch das elektrische Nutzsignal angesteuerte Filtereinrichtung zur frequenzselektiven Filterung des elektrischen Nutzsignals, eine der Filtereinrichtung nachgeschaltete erste steuerbare Dämpfungseinrichtung, eine ebenfalls durch das Audiosignal angesteuerte zweite steuerbare Dämpfungseinrichtung, eine mit den beiden Dämpfungseinrichtungen verbundene Addiereinrichtung zur Erzeugung eines gehörrichtigen Ausgangssignals und eine mit den beiden Dämpfungseinrichtungen verbundene Steuereinrichtung zur Steuerung der beiden Dämpfungseinrichtungen entsprechend einer vorgegeben Lautstärke.

Schließlich kann die Filtereinrichtung ein bestimmtes Phasenverhalten aufweisen, wobei eine ebenfalls durch das elektrische Nutzsignal angesteuerte Phasenschiebereinrichtung zur Erzeugung eines zur Filtereinrichtung gleichen Phasenverhaltens vorgesehen ist, welche vor die zweite Dämpfungseinrichtung geschaltet ist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt:

Figur 1: ein erstes allgemeines Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Anordnung,

Figur 2: eine alternative Ausführungsform zu der allgemeinen Ausführungsform nach Figur 1,

Figur 3: eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung unter Ausnutzung verschiedener Frequenzbereiche für Geräuschdetektion und Nutzsignal,

5 Figur 4: eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung mit Geräuschdetektion an unterschiedlichen Orten,

10 Figur 5: eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung mit Geräuschdetektion am Abhörort und Extraktion von Nutzsignalsanteil und Geräuschanteil im Abhörsignal,

15 Figur 6: eine Ausführungsform eines bevorzugten adaptiven Filters zur Verwendung bei der Anordnung nach Figur 5,

20 Figur 7: eine Einrichtung zur gehörrichtigen Anpassung der Übertragungsfunktion bei einer erfindungsgemäßen Anordnung,

Figur 8: eine erste alternative Ausführungsform zu einer Einrichtung nach Figur 7 und

25 Figur 9: eine zweite alternative Ausführungsform zu einer Einrichtung nach Figur 7.

Bei der in Figur 1 gezeigten allgemeinen Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung wird von einer Signalquelle 1 ein elektrisches Nutzsignal 2 abgegeben, das einem von einem Bediener veränderbaren Lautstärkesteller 3 zugeführt wird. Mit dem Loudnesssteller 4 ist in Weiterbildung der Erfindung jedoch nicht nur die Lautstärke veränderbar, sondern wird gleichzeitig in Abhängigkeit von der Lautstärkeeinstellung das Übertragungsverhalten des Lautstärkestellers 3 gehör-
35 richtig angepasst (Loudness). Dem Lautstärkesteller 3 folgt ein weiterer Lautstärkesteller 5 der durch einen Geräuschdetektor

6 steuerbar ist. Der Geräuschdetektor 6 ermittelt den Pegel des Geräusches am Abhörort durch direktes oder indirektes Messen und erzeugt daraus ein Steuersignal für den Lautstärkesteller 5. Dem Lautstärkesteller 5 folgt ein Verstärker 7 zur Ansteuerung eines Lautsprechers 8. Verstärker 7 und Lautsprecher 8 können dabei getrennt angeordnet sein, oder aber beispielsweise zusammen ein aktiven Lautsprecher bilden. Die Erfindung weiterbildend wird dabei der Loudnesssteller 4 zusätzlich durch den Geräuschdetektor gesteuert.

Das Ausführungsbeispiel nach Figur 2 geht aus der Figur 1 gezeigten Anordnung dadurch hervor, dass die Reihenfolge der beiden Lautstärkesteller 3 und 5 vertauscht ist. Die Steuerung der Lautstärkesteller 5 und 3 erfolgt aber in gleicher Weise mit dem Geräuschdetektor 6 bzw. dem Loudnesssteller 4. Das bearbeitete elektrische Nutzsignal 9 am Lautsprecher 8 ist folglich - gleiche Einstellungen der Lautstärkesteller 5 und 3 sowie ein gleiches elektrisches Nutzsignal 2 vorausgesetzt - damit wieder das gleiche wie in Figur 1.

Ausgehend von dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 ist bei der in Figur 3 gezeigten Ausführungsform ein Hochpass 10 zwischen Lautstärkesteller 5 und Verstärker 7 geschaltet. Jedoch könnte der Hochpass 10 auch an beliebiger Stelle zwischen der Signalquelle 1 und dem Lautsprecher 8 eingefügt werden. Unter Umständen kann auch auf den Hochpass 10 verzichtet werden, wenn entweder in der Übertragungskette zwischen der Signalquelle 1 und dem Lautsprecher 8 oder in dem Lautsprecher 8 selbst eine ausreichende Dämpfung bei tiefen Tönen gewährleistet ist. Die Grenzfrequenz des Tiefpasses 10 liegt dabei bevorzugt an der unteren Hörgrenze des menschlichen Gehörs, also beispielsweise bei 20 Hertz, um den subjektiven Klangeindruck durch den Hochpass 10 nicht zu verfälschen.

Unter Tiefpassfilterung mit gleicher oder tieferer Grenzfrequenz soll nun erfindungsgemäß der Geräuschdetektor 6 den Geräuschanteil am Abhörort erfassen. Dazu erfasst der Geräusch-

detektor mittels eines Mikrofons 11 am Abhörort ein Abhörsignal 15, das sich aus dem akustischen Nutzsignal vom Lautsprecher 8 sowie einem Geräusch 17 zusammensetzt. Der Geräuschdetektor 6 kann dabei im einfachsten Fall aus einem Tiefpass 12 mit einer zum Hochpass 10 in etwa korrespondierenden Grenzfrequenz bestehen, dem eine Gleichrichtereinheit 13 mit anschließendem Glättungstiefpass 14 nachgeschaltet ist, die zusammen beispielsweise Spitzenwerte detektieren. In gleicher Weise könnte aber auch der Mittelwert oder der quadratische Mittelwert zur Auswertung herangezogen werden. Ein so gewonnenes Steuersignal 18 dient dann zur Ansteuerung des Lautstärkestellers 5.

Das Ausführungsbeispiel nach Figur 4 geht aus der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform dadurch hervor, dass der Geräuschdetektor 6 mit drei Mikrofonen 19, 20, 21, die an Orten angebracht sind, an denen nur das Störgeräusch oder Teile davon auftreten, aber nicht das akustische Nutzsignal 16 vom Lautsprecher 8 präsent ist. Das an den Mikrofonen 19, 20 und 21 auftretende Geräusch ist dabei repräsentativ für das am Abhörort auftretende Geräusch. Die Mikrofone 19, 20 und 21 werden dabei bevorzugt im Motorraum, in den Radkästen, im Kofferraum, oder in den Lüftungsschächten angeordnet. Die Signale der Mikrofone 19, 20, 21 werden durch entsprechende Pegelmesseinrichtungen 22, 23, 24, die entweder die Spitzenwerte detektieren, den Mittelwert erfassen oder den quadratischen Mittelwert bzw. deren Pegel werden anschließend in einer Auswerteeinrichtung 25 entsprechend gewichtet und beispielsweise aufaddiert.

Die Auswerteeinrichtung 25 stellt dabei wiederum das Steuersignal 18 bereit. Bei dieser Anordnung wird also davon ausgegangen, dass an den Orten der Mikrofone 19, 20 und 21 das Geräuschsignal deutlich höher ist als das vom Lautsprecher 8 bereitgestellte akustische Nutzsignal 16 an diesen Orten.

Ausgehend von der in Figur 2 gezeigten allgemeinen Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung ist der Geräuschdetektor 6 nach Figur 5 als adaptives Filter 27 mit nachgeschaltetem Vergleicher 28 ausgebildet. Das adaptive Filter 27 erhält dabei das Abhörsignal 29, das mittels des Mikrofons 26 am Abhörort abgenommen wird. Das Abhörsignal 29 setzt sich dabei aus einem Anteil zusammen, der aus dem akustischen Nutzsignal 16 vom Lautsprecher 8 und aus einem Geräuschanteil, der von dem Geräusch am Abhörort herrührt, zusammensetzt.

Das adaptive Filter 27 filtert nun das Referenzsignal (2, 9) derart, dass das Abhörsignal 29 in einem Geräuschsignalanteil 30 und in einen Nutzsignalanteil 31 aufgespalten wird. Eine Vergleichseinrichtung 28 vergleicht Geräuschsignalanteil 30 und Nutzsignal 31 miteinander und steuert abhängig davon, wie sich beide zueinander verhalten, den Lautstärkesteller 5. Als Referenzsignal für das adaptive Filter 27 kann dabei entweder ein Signal in dem Signalzweig vor den Lautstärkestellern 3 und 5 oder in dem Signalzweig nach den Lautstärkestellern 3 und 5, also z. B. die elektrischen Nutzsignale 2, 9 verwendet werden. Jedoch ist es auch möglich, das Signal zwischen beiden Lautstärkestellern 3 und 5 abzugreifen.

Bei einer einfachen (nicht gezeigten) Ausführungsform kann das adaptive Filter 27 so ausgelegt werden, dass es lediglich den Geräuschanteil 30 ausfiltert. Der ausgefilterte Geräuschsignalanteil 30 wird dann ohne Verwendung der Vergleichsstufe 28 direkt zur Steuerung des Lautstärkestellers 5 herangezogen. Der Vorteil der weiter oben verwendeten Vergleicherstufe 28 liegt allerdings darin, dass das sogenannte "Gain-Chase-Verhalten" weitgehend unterdrückt wird. Ein "Gain-Chase-Verhalten" rührt daher, dass ein Restanteil des Nutzsignals im Geräuschsignalanteil 30 enthalten ist, welcher den gemessenen Geräuschpegel gegenüber dem tatsächlichen Anteil erhöht. Aufgrund des höheren Geräuschpegels wird dann mittels des Lautstärkestellers 5 der Nutzsignalpegel erhöht, was wie-

derum zur Erhöhung des Restanteils des Nutzsignals im Geräuschsignalanteil führt. Es erfolgt erneut eine Erhöhung des Nutzsignalpegels und so fort bis die maximale Lautstärke erreicht ist. Mittels des Vergleichers 28 kann aber die tatsächliche Erhöhung bzw. Nichterhöhung festgestellt werden und damit ein "Gain-Chase-Verhalten" unterbunden werden.

In Figur 6 ist ein Ausführungsbeispiel eines bevorzugten adaptiven Filters 27 aus Figur 5 gezeigt. Bei dem in Figur 6 gezeigten adaptiven Filter 27 wird das Referenzsignal (2, 9) einer Kette von hintereinander geschalteten Verzögerungselementen 33 zugeführt, an deren eingangs- bzw. ausgangsseitigen Abgriffen jeweils Signale abgenommen werden und über steuerbare Koeffizientenglieder 34 einem Summierer 35 zugeführt werden. Am Ausgang des Summierers 35 ist dann der Nutzsignalanteil 31 abgreifbar. Durch Vertauschen der Eingangssignale des adaptiven Filters 27 könnte aber auch der Geräuschsignalanteil am Ausgang des Summierers bereitstehen und dieser weiter verarbeitet werden.

Die Steuerung der Koeffizientenglieder 34 erfolgt nach der Methode der kleinsten mittleren Fehlerquadrate. Dazu wird das Signal am Ausgang des Summierers 35 von dem Abhörsignal 29 mittels eines Subtrahierers 38 subtrahiert und einem Verstärker 36 zugeführt. Beim Ausführungsbeispiel wird nicht nur die Methode der kleinsten mittleren Fehlerquadrate (LMS = Least Mean Square) im allgemeinen verwendet, sondern die Methode der verzögerten kleinsten mittleren Fehlerquadrate im besonderen. Dazu ist dem Verstärker 36 eine Verzögerungseinheit 37 und eine LMS-Steuereinheit 32 nachgeschaltet, deren Ausgangssignal dann zur Steuerung der Koeffizientenglieder 34 dient. Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel wird der Geräuschsignalanteil 30 auf einfache Weise dadurch ermittelt, dass der Nutzsignalanteil 31 von dem Abhörsignal 29 mittels eines Subtrahierers 39 subtrahiert wird.

Bei dem in Figur 6 gezeigten Ausführungsbeispiel werden als Verzögerungselemente 33 in Weiterbildung der Erfindung Verzögerungselemente mit einstellbarem Phasenwinkel, wie beispielsweise Allpässe verwendet, wobei die Phasenwinkel so
5 eingestellt werden, dass eine verzerrte Frequenzauflösung des adaptiven digitalen Filters 27 erreicht wird. Neben der als Ausführungsbeispiel gezeigten Ausführungsform als Finite Impulse Response Filter (FIR) können aber in gleicher Weise auch Infinite Impulse Response Filter oder Wellendigitalfilter
10 verwendet werden. Außerdem kann anstelle der Methode der kleinsten Fehlerquadrate jedes andere beliebige Optimierungsverfahren herangezogen werden.

Der Vorteil der Verwendung von Verzögerungselementen mit einstellbarem Phasenwinkel gegenüber einfachen Verzögerungselementen liegt darin, dass der Filteraufwand erheblich reduziert werden kann. Vorteilhafterweise werden nämlich bei derartigen Filtern (Warped-Filtern) auf diese Weise Frequenzbereiche mit hoher Bedeutung auch mit hoher Auflösung und Frequenzbereiche mit niedriger Bedeutung mit niedriger Auflösung
20 bearbeitet. Demzufolge kann ein gegebenes, mit begrenztem Aufwand realisierbares Filter optimal eingesetzt werden.

Verzögerungselemente mit einstellbarem Phasenwinkel wie Allpass sind gekennzeichnet durch folgende Übertragungsfunktion $D(z)$ über der diskreten Zeit z :

$$D(z) = (z^{-1} - \lambda) / (1 - \lambda z^{-1})$$

Mittels des Filterkoeffizienten λ des Allpasses lässt sich der Phasenwinkel π des Filterelements einstellen. Über den Filterkoeffizienten des Allpasses lässt sich aber auch die Frequenzverzerrungsfunktion des adaptiven Filters 27 einstellen (Warping-Parameter). Im übertragenen Sinne wird die lineare Frequenzachse mit Hilfe des Phasenganges der Allpässe,
35 der bekanntlich ausschließlich von dessen Koeffizienten λ abhängt, auf eine neue, verzerrte (= warped) Frequenzachse um-

gesetzt. Damit lässt sich ein Auflösungsverhalten realisieren, das beispielsweise dem menschlichen Gehör entspricht und das bei tiefen Tönen eine höhere Auflösung hat als bei höheren.

5

In Figur 7 sind zwei alternative Beispiele für die Ausgestaltung des Lautstärkestellers 3 gezeigt, die sowohl für sich als auch in Kombination miteinander verwendet werden können.

- 10 Das Beispiel nach Figur 7a umfasst einen Tiefpass 40, dessen Grenzfrequenz ebenso wie ein Dämpfungsglied 41 durch den Loudnesssteller 4 gesteuert werden können. Die Steuerung erfolgt dabei derart, dass je niedriger der mittels des Dämpfungsgliedes 41 einzustellende Lautstärkepegel ist, das
15 heißt, je größer dessen Dämpfung ist, und desto höher der vom Geräuschdetektor 6 ermittelte Geräuschpegel ist, umso höher ist die Grenzfrequenz des Tiefpasses 40. Der typische Bereich der Grenzfrequenz des Tiefpasses 40 liegt dabei zwischen 50 Hz und 300 Hz. Dem Tiefpass 40 kann dabei ein in Figur 7a
20 zwar nicht gezeigter Hochpass vorgeschaltet werden, um eine Tieftonanhebung außerhalb des Hörbereichs zu kompensieren.

- Alternativ zu der in Figur 7a gezeigten Ausführungsform kann gemäß Figur 7b anstelle des Tiefpasses 40 ein Bandpass 42 mit
25 fester Mittenfrequenz verwendet werden, dessen Güte durch den Loudnesssteller 4 entsprechend dem Dämpfungsglied 41 gesteuert wird. Bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 7b ist dabei noch die Reihenfolge von Dämpfungsglied 41 und Bandpass 42 gegenüber Figur 7a vertauscht. Ungeachtet dessen kann jedoch
30 auch zudem beim Tiefpass 40 die Güte und beim Bandpass 42 die Grenzfrequenz entsprechend der Dämpfungseinstellung des Dämpfungsgliedes 41 verändert werden. Die Steuerung der Güte beim Bandpass 42 erfolgt in Abhängigkeit von dem Lautstärkepegel und dem vom Geräuschdetektor 6 ermittelten
35 Geräuschpegel derart, dass unter Zugrundelegen einer relativ tiefen Mittenfrequenz die Güte bei niedrigen Lautstärkepegeln und/oder hohen Geräuschpegeln geringer wird.

Bei einer anderen Ausführungsform eines Lautstärkestellers 3 sind gemäß Figur 8 drei Bandpässe (und/oder Tiefpässe) 43, 44, 45 zueinander und mit einem Dämpfungsglied 46 in Reihe
5 geschaltet. Parallel zu den Bandpässen 43, 44, 45 sind durch eine Komparatoreinrichtung 47 steuerbare Schalter 48, 49, 50 geschaltet, die durch die Komparatoreinrichtung abhängig von dem von der Steuereinrichtung 4 bereitgestellten Steuersignal für das Dämpfungsglied 46 gesteuert werden derart, dass bei
10 großen Lautstärkepegeln und/oder kleinen Geräuschpegeln sämtliche Schalter die Bandpässe 43, 44, 45 überbrücken und bei niedrigen Lautstärkepegeln und/oder großen Geräuschpegeln sämtliche Bandpässe 43, 44, 45 aktiv sind. Dazwischen werden die Bandpässe 43, 44, 45 entsprechend der gewünschten Loudnesskurve zu- bzw. weggeschaltet. Neben der gezeigten seriellen Struktur der Bandpässe 43, 44, 45 kann aber in gleicher Weise auch eine entsprechende parallele Struktur verwendet werden.

20 Ein weitere bevorzugte Ausführungsform eines Lautstärkestellers 3 ist in Figur 9 gezeigt. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird das Nutzsignal 2 sowohl einem Bandpass 51 als auch einer (optionalen) Phasenkorrekturschaltung 52 zugeführt. Das Nutzsignal 2 steht dabei mit dem maximal möglichen Pegel zur Verfügung. Dem Bandpass 51 und der Phasenkorrekturschaltung 52
25 sind jeweils ein steuerbares Dämpfungsglied 53 bzw. 54 nachgeschaltet. Die Ausgänge der Dämpfungsglieder 53 und 54 sind schließlich mit den Eingängen eines Addierers 55 verbunden, an dessen Ausgang dann das gedämpfte und in der Loudness korrigierte Nutzsignal zur Verfügung steht.
30

Die Steuerung der steuerbaren Dämpfungsglieder 53 und 54 erfolgt mittels einer Steuerschaltung 56, welche die Dämpfungsglieder 53 und 55 in Abhängigkeit von einem entsprechenden
35 Steuersignal des Loudnessstellers 4 einstellt. Die Steuerung der Dämpfungsglieder 53 und 54 erfolgt dabei derart, dass bei hohen Lautstärken und/oder geringen Geräuschpegeln, das heißt

bei geringer Dämpfung des Dämpfungsglieds 54 das Dämpfungs-
glied 59 eine hohe Dämpfung hat. Bei der Zunahme der Dämpfung
über das Dämpfungsglied 54 nimmt die Dämpfung des Dämpfungs-
gliedes 59 ab und zwar in dem Maße, dass die geforderte Loud-
5 nesskurve erfüllt wird. Ab einem bestimmten Punkt nehmen dann
die Dämpfungen beider Dämpfungsglieder 52 und 54 zu, wobei
die Dämpfung des Dämpfungsgliedes 54 deutlich stärker an-
steigt als die Dämpfung des Dämpfungsgliedes 53.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke eines aus einer Signalquelle (1) mit einem elektrischen Nutzsignal (2, 9) gespeisten Lautsprechers (8) an einem mit Geräusch (17) erfüllten Abhörort mit

zwei in Reihe zueinander sowie zwischen Signalquelle (1) und Lautsprecher (8) geschalteten Lautstärkestellern (3, 5), von denen der eine (3) manuell steuerbar ist und der andere (5) durch ein Steuersignal (18) steuerbar ist und

einem Geräuschdetektor (6) zum Ermitteln des Pegels des Geräusches (17) und Erzeugen des Steuersignals (18) für den anderen Lautstärkesteller (5) entsprechend dem Pegel des Geräusches (17).

2. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach Anspruch 1, bei der

der eine, manuell steuerbare Lautstärkesteller (3) mit einer Einrichtung (4) zum gehörrichtigen Anpassen der Übertragungsfunktion zwischen Signalquelle (1) und Lautsprecher (8) an die eingestellte Lautstärke gekoppelt ist.

3. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach Anspruch 1, bei der

eine Einrichtung (4) zum gehörrichtigen Anpassen der Übertragungsfunktion zwischen Signalquelle (1) und Lautsprecher (8) geschaltet ist, wobei

die Einrichtung (4) zum gehörrichtigen Anpassen durch mindestens ein (weiteres) Steuersignal des Geräuschdetektors (6) gesteuert wird.

4. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach Anspruch 2 oder 3, bei der

die Einrichtung (4) zum gehörrichtigen Anpassen der Übertragungsfunktion mindestens zwei Filter (43, 44, 45) mit unterschiedlichen Grenz-/Mittenfrequenzen aufweist, die durch

(jeweils) ein Steuersignal (18) des Geräuschdetektors (6) gesteuert werden.

5 5. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der der Geräuschdetektor (6) das Geräusch (17) in mindestens zwei unterschiedlichen spektralen Bereichen auswertet und dementsprechende Steuersignale (18) erzeugt.

10 6. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der ein von dem Lautsprecher (8) abgestrahltes akustisches Nutzsignal (16) Signale mit Frequenzen oberhalb einer bestimmten Grenzfrequenz umfasst und
15 der Geräuschdetektor (6) Geräusche unterhalb dieser bestimmten Grenzfrequenz auswertet.

20 7. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der der Geräuschdetektor (6) Geräusche (17) an mindestens einem Ort, an dem kein oder nur ein geringes akustisches Nutzsignal (16) auftritt und an dem das Geräusch in einer festen Beziehung zum Geräusch (17) am Abhörort steht, auswertet.

25 8. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der der Geräuschdetektor (6) ein sich aus akustischem Nutzsignal (16) und Geräusch (17) zusammensetzendes Abhörsignal (15) am Abhörort und das von der Signalquelle (1) bereitgestellte elektrische Nutzsignal (2, 9) auswertet.
30

35 9. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach Anspruch 8, bei der der Geräuschdetektor (6) aufweist einen Schallaufnehmer (26) zur Erzeugung eines elektrischen Abhörsignals aus dem akustischen Nutzsignal (16) und dem diesem überlagerten Geräusch (17) am Abhörort,

einen dem Schallaufnehmer (26) nachgeschalteten Extrahierer (27) zum Extrahieren des im Abhörsignal (15) enthaltenen Geräuschanteils (17), und

eine dem Extrahierer (27) nachgeschaltete Steuereinrichtung (28), die den Geräuschanteil (30) des Abhörsignals (15) und mindestens ein aus dem Abhörsignal (15) abgeleitetes Signal (31) erhält und die aus beidem das Steuersignal (18) für den anderen Lautstärkesteller (5) erzeugt.

10 10. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach Anspruch 9, bei der
ein aus dem Abhörsignal (15) abgeleitetes Signal (31) dem Nutzsignalanteil (16) des Abhörsignals (15) entspricht.

15 11. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach Anspruch 9, bei der
ein aus dem Abhörsignal (15) abgeleitetes Signal (31) der Summe aus Nutzsignalanteil (16) und Geräuschanteil (17) des Abhörsignals (15) entspricht.

20 12. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach Anspruch 9, 10 oder 11, bei der
ein aus dem Abhörsignal (15) abgeleitetes Signal (31) durch den Extrahierer (27) bereitgestellt wird.

25 13. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach einem der Ansprüche 9 bis 12, bei der
der Extrahierer (27) mindestens ein adaptives Filter (29 bis 38) aufweist.

30 14. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach einem der Ansprüche 9 bis 13, bei der
der Extrahierer (27) mit der Signalquelle (1) verbunden ist und von dieser das elektrische Nutzsignal (2, 9) erhält.

35 15. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach einem der Ansprüche 9 bis 13, bei der

der Extrahierer (27) mit dem Eingang des Lautsprechers (8) verbunden ist und von dort das elektrische Nutzsignal (2, 9) erhält.

5 16. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach einem der Ansprüche 13 bis 15, bei der das adaptive Filter umfasst Verzögerungselemente (33) und ein mit den Verzögerungselementen (33) gekoppeltes Koeffizientennetzwerk (34), die
10 aus dem ihr zugeführten Abhörsignal (15) durch Filterung ein Ausgangssignal (31) erzeugt, und eine Steuereinheit (36, 37, 38) zur Steuerung des Koeffizientennetzwerkes (34) derart, dass das Ausgangssignal (31) gegenüber einem Referenzsignal (2, 9) optimiert wird, wobei
15 als Verzögerungselemente (33) Filterelemente mit einstellbaren Phasenwinkeln vorgesehen sind und die Phasenwinkel eine verzerrte Frequenzauflösung ergebend eingestellt sind, wobei das Ausgangssignal (31) zur Erzeugung des Steuersignals
20 (18) herangezogen wird.

17. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach Anspruch 16, bei der
25 als Referenzsignal (32) das elektrische Nutzsignal (2, 9) vorgesehen ist.

18. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach Anspruch 16 oder 17, bei der
30 als Filterelemente mit einstellbaren Phasenwinkeln Allpässe vorgesehen sind.

19. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach einem der Ansprüche 13 bis 18, bei der
35 die Optimierung des Ausgangssignals (31) mittels der Methode der kleinsten mittleren Fehlerquadrate.

20. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach einem der Ansprüche 2 bis 15, bei der

die Einrichtung zum gehörrichtigen Anpassen der Übertragungsfunktion eine Loudness-Filteranordnung (40 bis 56) zur
5 Anhebung des tieferen Hörfrequenzbereichs gegenüber dem mittleren Hörfrequenzbereich aufweist.

21. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach Anspruch 16, bei der

10 zum gehörrichtigen Anpassen der Übertragungsfunktion die Filtergüte der Loudness-Filteranordnung (40 bis 56) geräuschpegelabhängig angepasst wird.

22. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach Anspruch 20 oder 21, bei der

zum gehörrichtigen Anpassen der Übertragungsfunktion die Filtergrenzfrequenz der Loudness-Filteranordnung (40 bis 56) geräuschpegelabhängig angepasst wird.

20 23. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach Anspruch 20, bei der

die Einrichtung zum gehörrichtigen Anpassen der Übertragungsfunktion die Loudness-Filteranordnung (40 bis 56) mindestens zwei Filter (43, 44, 45) zur Anhebung des tieferen
25 Hörfrequenzbereichs gegenüber dem mittleren Hörfrequenzbereich aufweist und

zum gehörrichtigen Anpassen der Übertragungsfunktion diese einzelnen Filter (43, 44, 45) geräuschpegelabhängig zu- oder abgeschaltet werden.

30

24. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach einem der Ansprüche 2 bis 18, bei der

die Einrichtung zum gehörrichtigen Anpassen der Übertragungsfunktion aufweist

35 eine durch das elektrische Nutzsignal (2, 9) angesteuerten Filtereinrichtung (51) zur frequenzselektiven Filterung des elektrischen Nutzsignals (2, 9),

eine der Filtereinrichtung (51) nachgeschalteten ersten steuerbaren Dämpfungseinrichtung (53),

eine ebenfalls durch das elektrische Nutzsignal (2, 9) angesteuerten zweiten steuerbaren Dämpfungseinrichtung (54),

5 eine mit den beiden Dämpfungseinrichtungen (53, 54) verbundenen Addiereinrichtung (55) zur Erzeugung eines gehör- richtigen Ausgangssignals und

eine mit den beiden Dämpfungseinrichtungen (53, 54) verbundenen Steuereinrichtung (56) zur Steuerung der beiden
10 Dämpfungseinrichtungen (53, 54) entsprechend einer vorgegebenen Lautstärke und/oder einem Geräuschpegel.

25. Vorrichtung zum geräuschabhängigen Einstellen der Lautstärke nach Anspruch 24, bei der

15 die Filtereinrichtung (51) ein bestimmtes Phasenverhalten aufweist und bei der eine ebenfalls durch das elektrische Nutzsignal (2, 9) angesteuerte Phasenschiebereinrichtung (52) zur Erzeugung eines zur Filtereinrichtung (51) identischen Phasenverhaltens vorgesehen ist, welche vor die zweite Dämpfungseinrichtung (54) geschaltet ist.
20

1/4

FIG 1

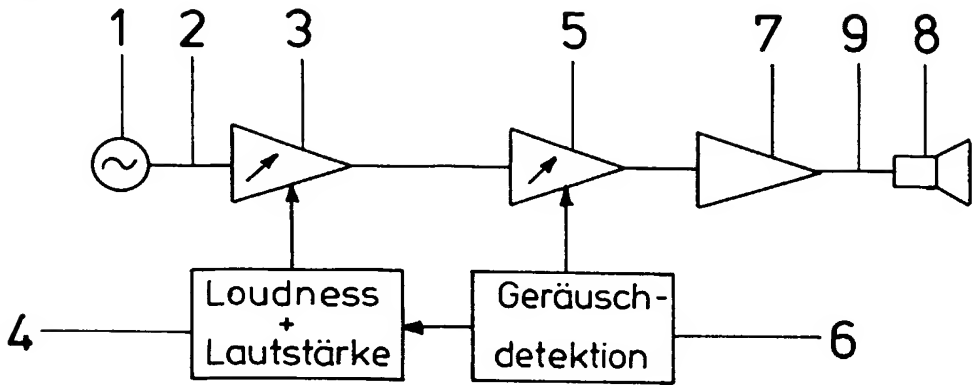


FIG 2

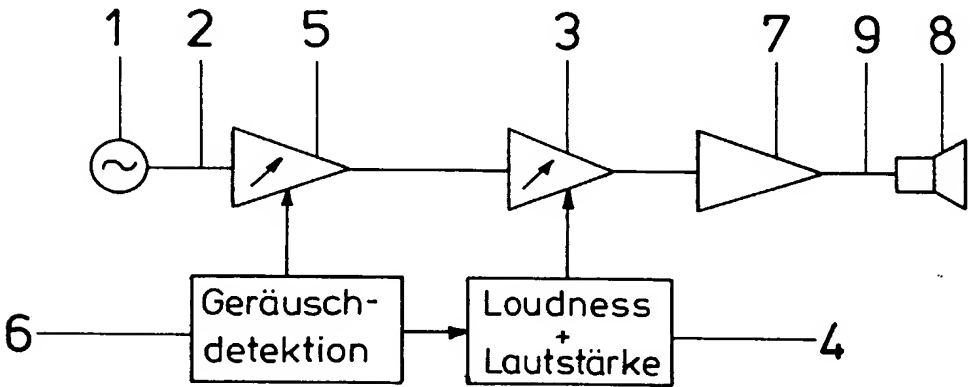
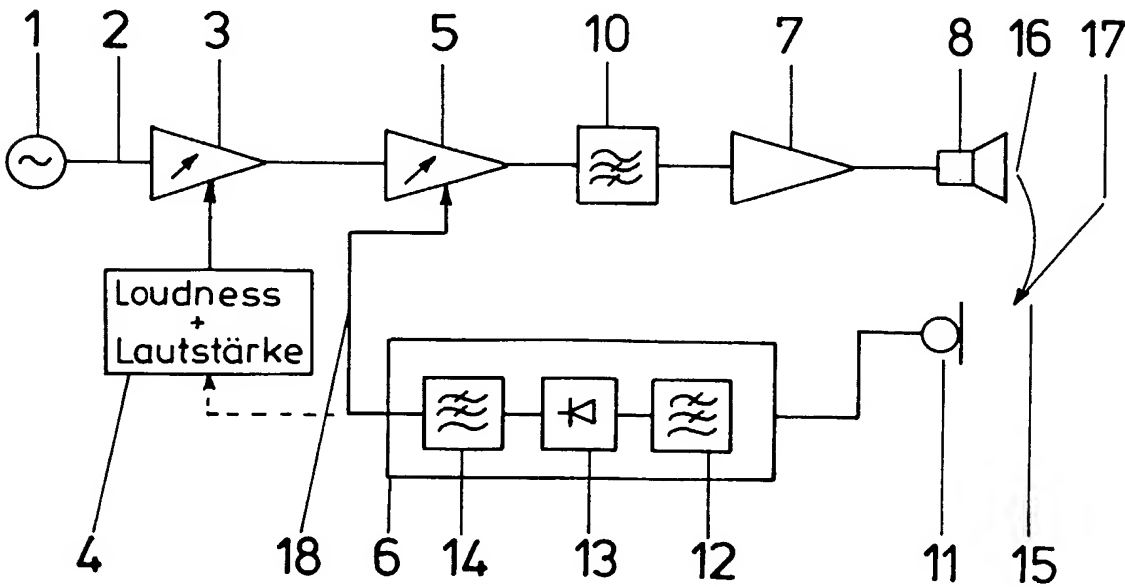
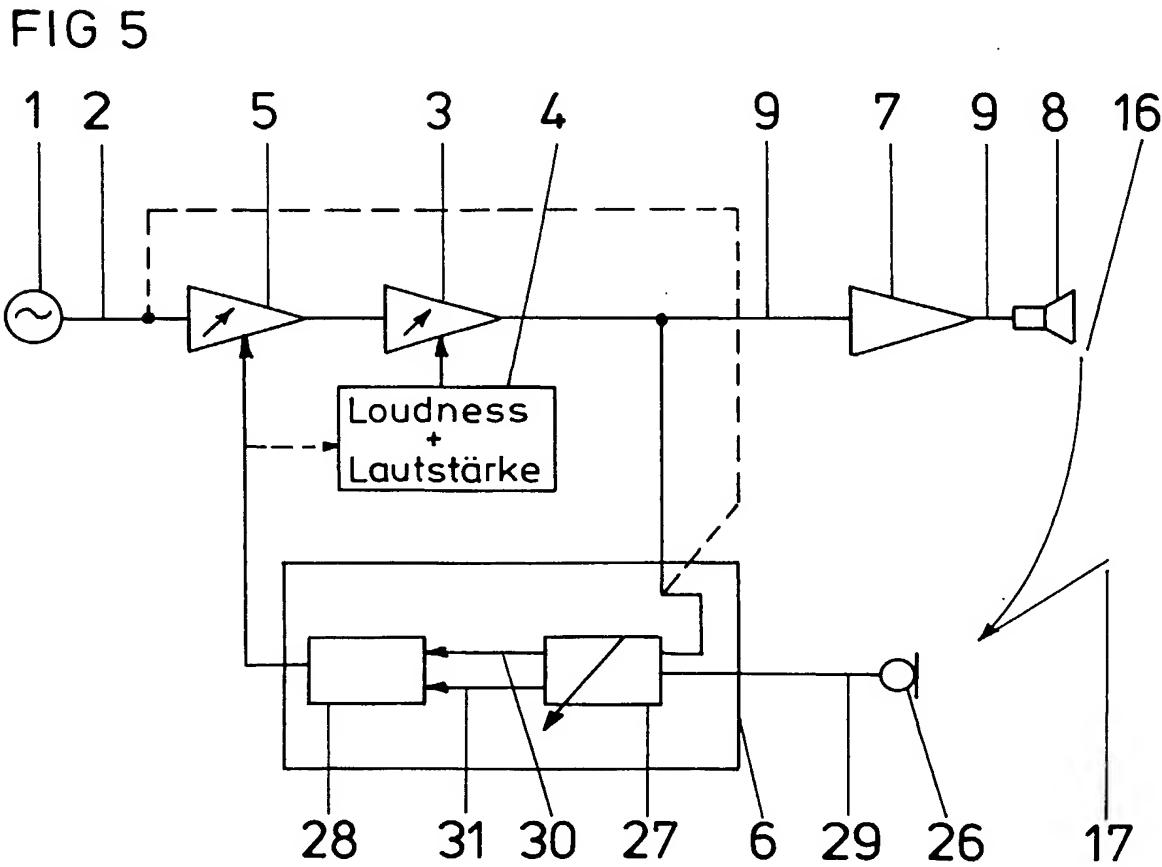
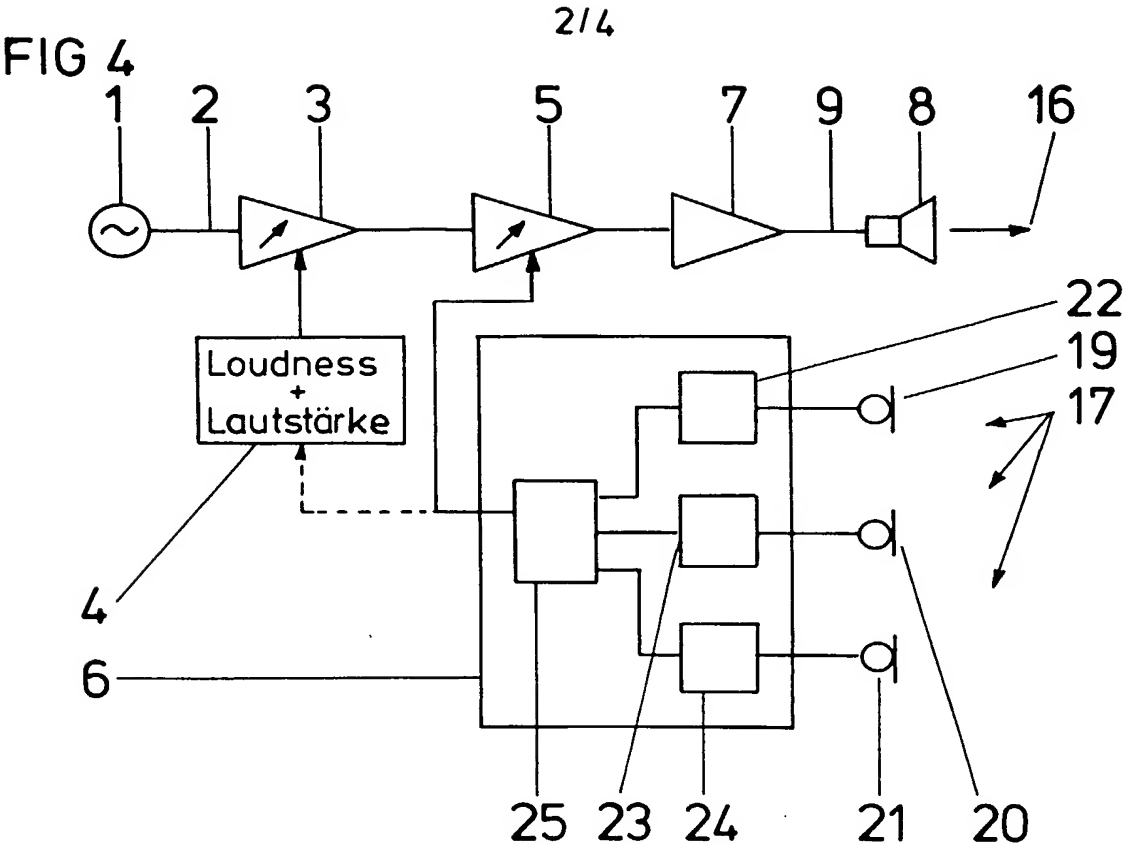


FIG 3





3/4
FIG 6

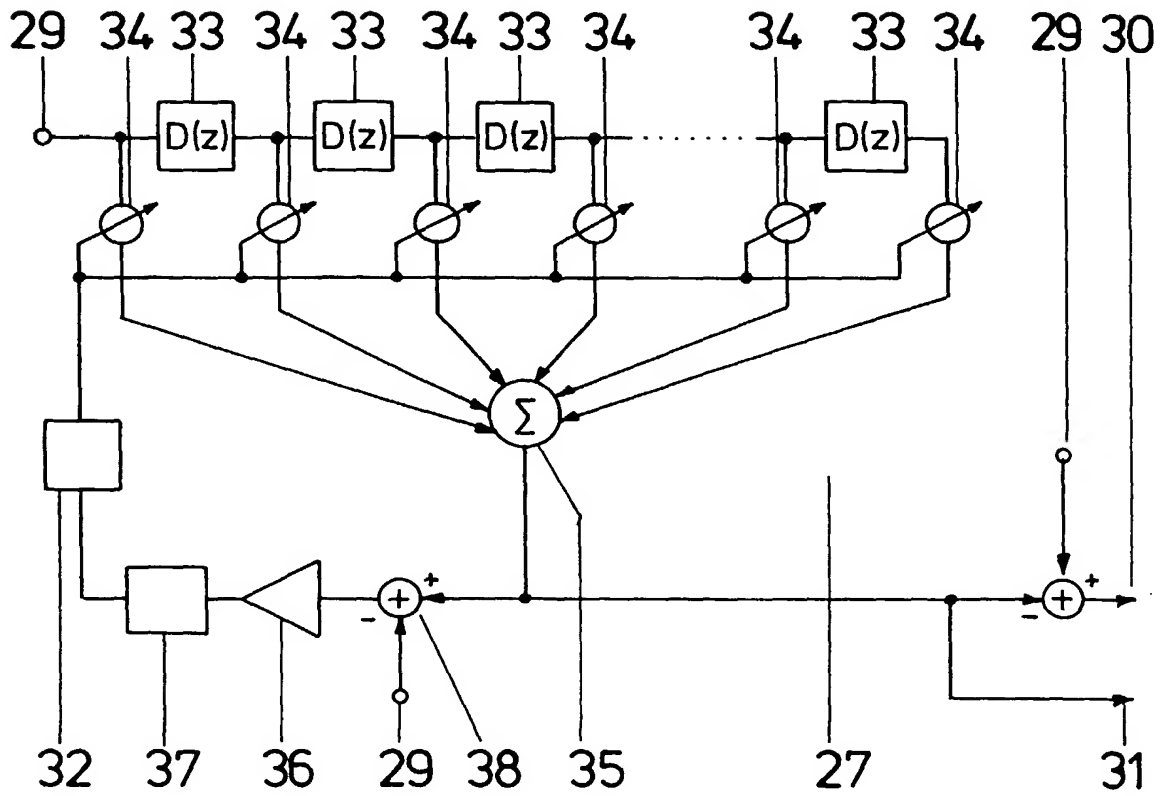


FIG 7a

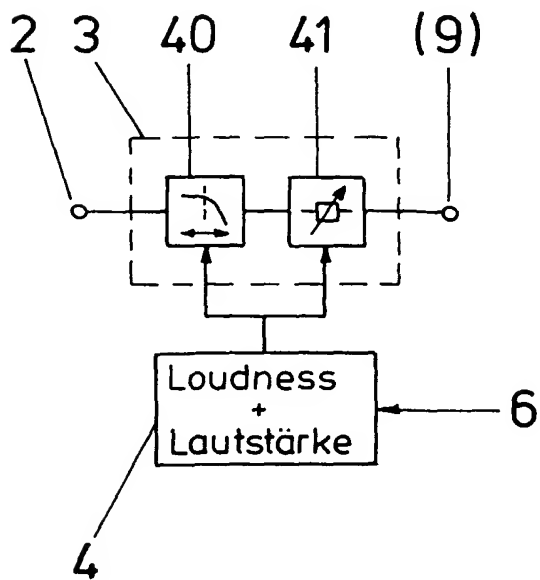
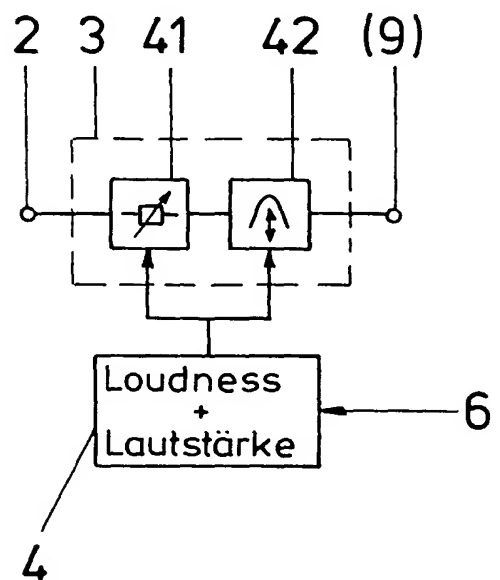


FIG 7b



4/4

FIG 8

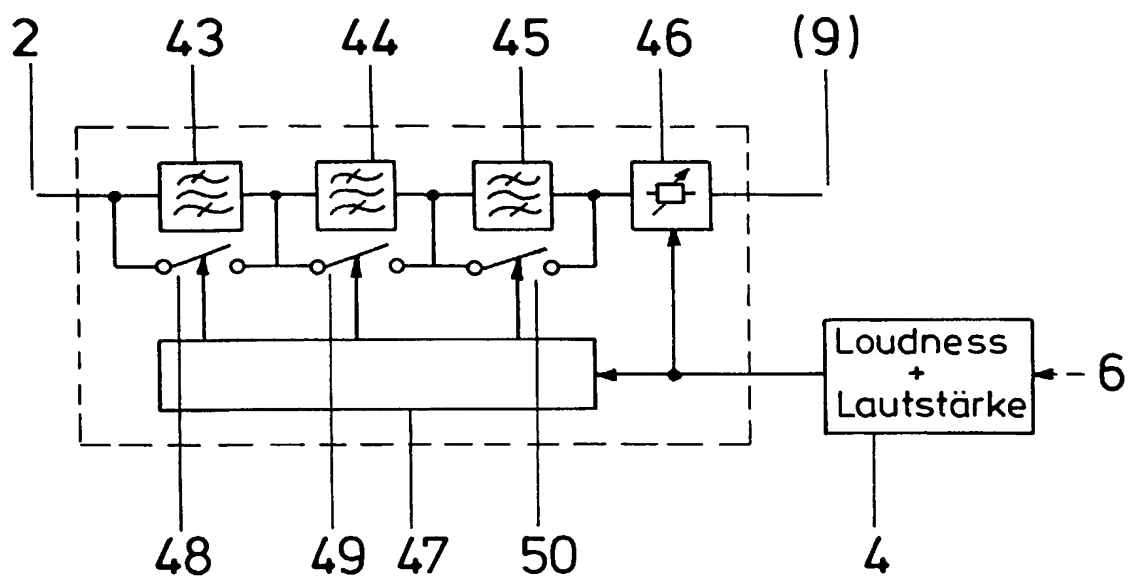


FIG 9

